

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11) EP 0 734 842 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
02.10.1996 Patentblatt 1996/40

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: B29C 67/00

(21) Anmeldenummer: 96103986.4

(22) Anmeldetag: 13.03.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT

(30) Priorität: 30.03.1995 DE 19511772

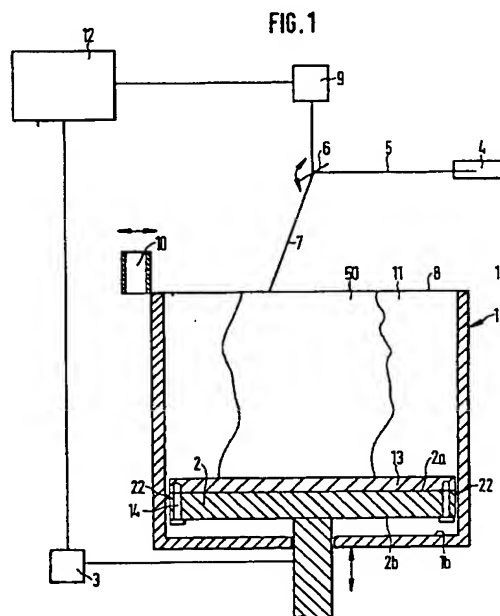
(71) Anmelder: EOS GmbH ELECTRO OPTICAL  
SYSTEMS  
82152 Planegg (DE)

(72) Erfinder:  
• Wilkening, Christian  
86911 Diessen (DE)  
• Lohner, Andreas  
85540 Haar (DE)

(74) Vertreter: Prüfer, Lutz H., Dipl.-Phys. et al  
Harthausen Strasse 25d  
81545 München (DE)

### (54) Vorrichtung und Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes

(57) Es ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes (50) durch aufeinanderfolgendes Verfestigen von Schichten eines pulverförmigen mittels elektromagnetischer Strahlung oder Teilchenstrahlung verfestigbaren Aufbaumaterials (11) an den dem jeweiligen Querschnitt des Objektes entsprechenden Stellen bereitgestellt. Die Vorrichtung weist einen höhenverstellbaren Träger (2) zum Tragen des Objektes (50) mit einer dem Objekt zugewandten Oberseite (2a), eine Aufbringvorrichtung (10) zum Aufbringen von Schichten des Materials (11) auf den Träger oder eine zuvor gebildete Schicht, eine Bestrahlungseinrichtung (4) zum Bestrahlen von Schichten des Materials (11) an den dem jeweiligen Querschnitt des Objektes (50) entsprechenden Stellen und eine auf der Oberseite (2a) des Trägers (2) befestigbare Unterlage (13) auf, wobei die Unterlage aus einem Material gebildet ist, an dem das Aufbaumaterial (11) bei der Verfestigung anhaftet.



EP 0 734 842 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 bzw. 10.

Ein unter dem Namen Selektives Lasersintern bekanntes Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes durch aufeinanderfolgendes Verfestigen von Schichten eines pulverförmigen, mittels elektromagnetischer Strahlung verfestigbaren Aufbaumaterials an den dem jeweiligen Querschnitt des Objektes entsprechenden Stellen sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens ist aus der DE-C-4300 478 bekannt. Bei der bekannten Vorrichtung wird das zu bildende Objekt auf einer metallischen Plattform aufgebaut, die Teil der Vorrichtung ist. Die Sinterung bzw. Verfestigung der Schichten des Objektes kann jedoch nicht mit der ersten auf die Plattform aufgetragenen Pulverschicht beginnen, da die darin verfestigten Bereiche keinen seitlichen Halt haben und deshalb beim Aufbringen der nächsten Pulverschicht von dem das Pulver aufragenden Wischer auf der metallischen Plattform verschoben werden können. Deshalb werden üblicherweise zunächst mindestens eine, besser jedoch mehrere Pulverschichten durch den Laserstrahl vollständig verfestigt, um eine Grundlage für das Objekt zu bilden. Die vollständige Verfestigung der ersten auf die metallische Plattform aufgetragenen Schichten erfordert jedoch eine lange zusätzliche Bearbeitungszeit, welche die gesamte Bauzeit des Objektes erheblich verlängert.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung bzw. ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes bereitzustellen, bei der bzw. bei dem die Herstellungszeit für das Objekt verkürzt wird.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung nach Patentanspruch 1 bzw. durch ein Verfahren nach Patentanspruch 10.

Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren.

Von den Figuren zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Querschnittsansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung;
- Fig. 2 eine Draufsicht auf die Unterseite einer Ausführungsform des Objekträgers 2 von Fig. 1; und
- Fig. 3 eine Querschnittsansicht des Objekträgers entlang der Linie I-I von Fig. 2.

Wie am besten aus Fig. 1 ersichtlich ist, weist die Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes einen an seiner Oberseite offenen Behälter 1 auf, in dem ein Objekträger 2 in Form einer zu der Oberkante 1a des Behälters parallel ausgerichteten Platte zum Tragen eines zu bildenden Objektes 50 mit-

tels einer Höheneinstellvorrichtung 3 in vertikaler Richtung verschiebbar ist. Der Objekträger 2 weist einen horizontalen Querschnitt auf, der etwas geringer ist, als der entsprechende Querschnitt des Innenraumes des Behälters 1, so daß der Objekträger 2 leicht in dem Behälter 1 verschoben werden kann. Der Zwischenraum zwischen dem Rand des Objekträgers 2 und der Innenwand des Behälters 1 ist durch eine an dem Rand des Objekträgers 2 umlaufend angebrachte flexible Dichtlippe 22 abgedichtet.

Auf der dem offenen Ende des Behälters 1 zugewandten Oberseite 2a des Objekträgers 2 ist eine vorgefertigte Platte 13 aus verfestigtem Aufbaumaterial angeordnet, die als Sockel für das zu bildende Objekt 50 dient und die über Schrauben 14 mit dem Objekträger 2 verbunden ist. Dazu weist die Platte 13 an ihrer dem Objekträger 2 zugewandten Unterseite entsprechende Gewindelöcher auf. Der Querschnitt der Platte 13 entspricht dem Querschnitt des Objekträgers 2. Ferner ist die Platte 13 so auf dem Objekträger 2 justiert, daß sie parallel zur Oberkante 1a des Behälters ist.

Wie am besten aus den Figuren 2 und 3 ersichtlich ist, weist der Objekträger 2 an seiner dem Behälterboden zugewandten Unterseite 2b einen in mäanderförmigen Windungen verlaufenden Kühlkanal 20 zur Aufnahme eines Kühlwasser führenden Kupferrohres auf. Ferner weist der Objekträger 2 eine Mehrzahl von Bohrungen 21 zum Hindurchführen der den Objekträger 2 mit der vorgesinterten Platte 13 zu verbindenden Schrauben 14 auf.

In dem beschriebenen Ausführungsbeispiel weist der Behälter 1, der Objekträger 2 und die vorgesinterte Platte 13 einen quadratischen Querschnitt auf. Der Querschnitt kann jedoch auch kreisförmig oder rechteckig sein oder jede beliebige Form aufweisen.

Der Objekträger 2 ist aus einem gut wärmeleitfähigen Metall, beispielsweise aus Aluminium, angefertigt. Die vorgesinterte Platte 13 ist aus demselben Aufbaumaterial gebildet, aus dem auch das Objekt 50 gebildet wird. Das Aufbaumaterial besteht bevorzugt aus Metallpulver, Keramikpulver, kunststoffummanteltem Metall- oder Keramikpulver oder kunstharzummanteltem Sand.

Oberhalb des Behälters 1 ist eine Bestrahlungseinrichtung 4 in Form eines Lasers angeordnet, die einen gerichteten Lichtstrahl 5 abgibt. Dieser wird über eine Ablenkeinrichtung 6, beispielsweise in Form eines Drehspiegels, als abgelenkter Strahl 7 auf die durch die Behälteroberkante 1a definierte Arbeitsebene 8 fokussiert. Eine Steuerung 9 steuert die Ablenkeinrichtung 6 derart, daß der abgelenkte Strahl 7 auf jede gewünschte Stelle innerhalb der Arbeitsebene 8 auftrifft.

Eine Vorrichtung 10 zum Aufbringen einer gleichmäßigen Schicht eines pulverförmigen, durch Einwirkung elektromagnetischer Strahlung verfestigbaren Materials 11, die beispielsweise als Vorratsbehälter mit Wischer zum Aufbringen und Glätten der Schicht ausgebildet ist, ist horizontal über die Arbeitsebene 8 und parallel zu dieser bewegbar.

Die Höheneinstellvorrichtung 3 und die Steuerung 9 für die Bestrahlungseinrichtung 4 sind jeweils mit einer zentralen Steuereinheit 12 in Form eines Computers zur koordinierten Steuerung dieser Vorrichtungen verbunden.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird in einem ersten Schritt die Platte 13 durch Verfestigen bzw. Sintern des entsprechenden Aufbaumaterials mittels Wärmeeinwirkung in einem Ofen hergestellt.

In einem nächsten Schritt wird der Objekträger 2 aus dem Behälter 1 in Richtung des offenen Endes des Behälters soweit bis zu einem Anschlag herausbewegt, daß die vorgesinterte Platte 13 leicht an dem Objekträger 2 zu befestigen ist. Dann wird die Platte 13 an dem Objekträger 2 durch Verschrauben befestigt.

In einem nächsten Schritt wird der Objekträger soweit nach unten gefahren, bis die Oberseite der vorgesinterten Platte 13 um eine Schichtdicke unterhalb der Behälterkante 1a liegt. Dann wird mittels der Aufbringvorrichtung 10 eine erste Schicht des Materials 11 auf die Platte 13 aufgebracht und mit dem Wischer geglättet. Daraufhin steuert die Steuereinheit 14 die Ablenkeinrichtung 6 über deren Steuerung derart, daß der abgelenkte Lichtstrahl 7 an solchen Stellen der Schicht des Materials 11 auftrifft, die entsprechend von in der Steuereinheit 14 gespeicherten Koordinaten des Objektes 50 verfestigt werden sollen. Dadurch wird an diesen Stellen das Material verfestigt bzw. gesintert. Bevorzugt wird die Belichtung der ersten Pulverschicht danach noch ein zweites Mal durchgeführt, damit eine feste Verbindung zwischen der vorgesinterten Platte 13 und der ersten Schicht des Objektes 50 erzeugt wird. Da die Platte 13 aus demselben Material wie das zu bildende Objekt 50 besteht, ergibt sich bei der Verfestigung der ersten Schicht des Objektes eine optimal haftende Verbindung mit der Platte 13.

In einem nächsten Schritt wird der Objekträger 2 um die Dicke der nächsten Schicht abgesenkt und erneut mittels der Aufbringvorrichtung 10 eine zweite Materialschicht aufgetragen und geglättet und erneut verfestigt.

Die Verfahrensschritte Materialschicht aufbringen, glätten und verfestigen werden nun so oft durchgeführt, bis das herzustellende Objekt 50 vervollständigt ist. Da insbesondere beim Sintern von Metallpulver die erforderliche Laserleistung zwischen 100 und 200 Watt beträgt, findet eine erhebliche Erwärmung des Objektes 50 statt. Spitzentemperaturen von 900° C am Sinterpunkt und durchschnittliche Temperaturen des Objektes um 200° C sind möglich. Dies kann zur Oxidation des Aufbaumaterials führen. Deshalb wird während des gesamten Bauprozesses der Objekträger 2 gekühlt. Da das verwendete Aufbaumaterial im allgemeinen eine gute Wärmeleitfähigkeit besitzt, kann somit das Objekt 50 bzw. der gesamte Behälter 1 mit dem darin befindlichen Material 11 immer auf konstanter Temperatur gehalten werden.

Nach der Beendigung des Bauprozesses wird der Objekträger 2 nach oben aus dem Behälter herausge-

fahren und die vorgesinterte Platte 13 zusammen mit dem darauf gebildeten Objekt 50 abgeschraubt. Anschließend wird das Objekt 50 mit einer Säge von der Platte 13 abgetrennt und nachbearbeitet.

Die Vorteile der Verwendung der vorgesinterten Platte 13 aus gesintertem Aufbaumaterial bestehen neben der Bauzeitverkürzung darin, daß eine stabile Basis für die ersten Objektschichten gegeben ist. Dies bedeutet, daß der Verzug bzw. die Verformung des Objektes reduziert wird.

Abwandlungen des beschriebenen Verfahrens sind möglich. Typischerweise wird die beschriebene Metallintervorrichtung zum Aufbau von Formeinsätzen verwendet. Falls der Formeinsatz eine ebene Grundfläche aufweist, wird die vorgesinterte Platte 13 zu einem Bestandteil des gesinterten Objektes. Die Platte 13 wird durch Nachbearbeitungsschritte an das jeweilige Objekt angepaßt. Dies geschieht beispielsweise mit einer Stichsäge, wobei die Platte 13 auf das richtige Maß zurechtgesägt wird. In diesem Falle ist die vorgesinterte Platte für einen neuen Bauprozess verloren.

Falls der herzustellende Formeinsatz keine ebene Grundfläche aufweist, wird auf der vorgesinterten Platte 13 zuerst eine Stützkonstruktion und anschließend daran das Objekt aufgebaut. Nach erfolgtem Bauprozess wird an der Stützkonstruktion das Objekt von der vorgesinterten Platte abgetrennt. Durch geeignete Wahl von Sollbruchstellen in der Stützkonstruktion kann das Trennen erleichtert werden. In diesem Falle ist die vorgesinterte Platte nach einer Vorbehandlung, die beispielsweise im Abfeilen der Oberfläche besteht, wieder für einen neuen Bauvorgang verwendbar.

Anstelle der nur aus verfestigtem Aufbaumaterial bestehenden Platte 13 kann auch eine Metallplatte, insbesondere eine Stahlplatte, verwendet werden, auf die eine oder mehrere Schichten des verfestigbaren Materials aufgetragen und verfestigt bzw. aufgesintert worden sind.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes durch aufeinanderfolgendes Verfestigen von Schichten eines pulverförmigen, mittels elektromagnetischer Strahlung oder Teilchenstrahlung verfestigbaren Aufbaumaterials (11) an dem jeweiligen Querschnitt des Objektes (50) entsprechenden Stellen, mit: einer Tragevorrichtung zum Tragen des Objektes (50) mit einem höhenverstellbaren Träger (2) mit einer dem Objekt (50) zugewandten Oberseite (2a), einer Aufbringvorrichtung (10) zum Aufbringen von Schichten des Materials (11) auf die Tragevorrichtung oder eine zuvor gebildete Schicht, und einer Bestrahlungseinrichtung (4) zum Bestrahlen von Schichten des Materials (11) an den dem jeweiligen Querschnitt des Objektes (50) entsprechenden Stellen, dadurch gekennzeichnet, daß eine auf der Ober-

- seite (2a) des Trägers (2) lösbar befestigte vorgefertigte Unterlage (13) vorgesehen ist, die aus einem Material gebildet ist, an dem das Aufbaumaterial (11) bei der Verfestigung anhaftet.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterlage (13) aus verfestigtem Aufbaumaterial (11) gebildet ist.
  3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterlage (13) als Platte ausgebildet ist, deren Querschnitt dem des Trägers (2) entspricht.
  4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (2) als Platte ausgebildet ist.
  5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (2) eine Kühlvorrichtung zum Abführen der bei dem Herstellungsprozeß im Objekt (50) und in der Unterlage (13) auftretenden Wärme aufweist.
  6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (2) an seiner dem Objekt abgewandten Seite (2b) Kühlkanäle (20) aufweist.
  7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterlage (13) über Befestigungsmittel, insbesondere Schrauben (14) mit dem Träger (2) verbunden ist.
  8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestrahlungseinrichtung (4) einen Laser umfaßt.
  9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufbaumaterial (11) Metallpulver, Keramikpulver, kunststoffummanteltes Metall- oder Keramikpulver oder kunstharzummantelten Sand umfaßt.
  10. Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes (50), durch aufeinanderfolgendes Verfestigen von Schichten eines pulverförmigen, mittels elektromagnetischer Strahlung oder Teilchenstrahlung verfestigbaren Aufbaumaterials (11) an dem jeweiligen Querschnitt des Objektes entsprechenden Stellen, dadurch gekennzeichnet, daß das Objekt (50) auf einer auf einem Objektträger (2) lösbar befestigten vorgefertigten Unterlage (13) aufgebaut wird, -bei der Unterlage (13) aus einem Material gebildet ist,

an dem das Aufbaumaterial (11) bei der Verfestigung anhaftet.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterlage (13) durch Verfestigen von dem zur Herstellung des Objektes (50) verwendeten Aufbaumaterial (11) hergestellt wird und danach auf dem Objektträger befestigt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufbaumaterial (11) zum Bilden der Unterlage (13) mittels Wärmeeinwirkung in einem Ofen verfestigt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterlage durch Verfestigen von mindestens einer Schicht des Aufbaumaterials (11) auf einer Metallplatte hergestellt wird.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterlage als Metallplatte mit mindestens einer darauf verfestigten Schicht des Aufbaumaterials ausgebildet ist, wobei die Metallplatte der Oberseite (2a) des Trägers (2) zugewandt ist.

FIG. 1

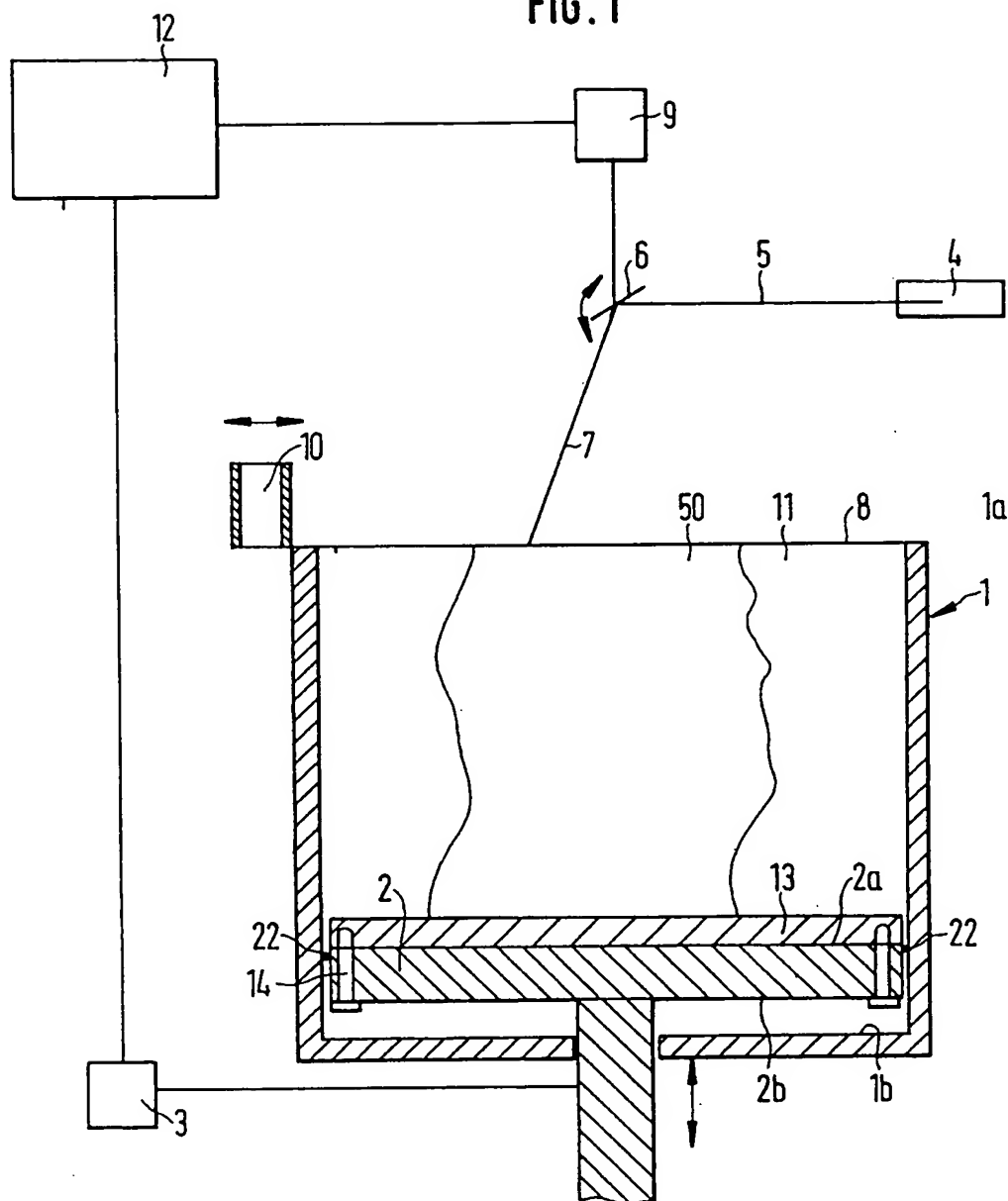


FIG. 2

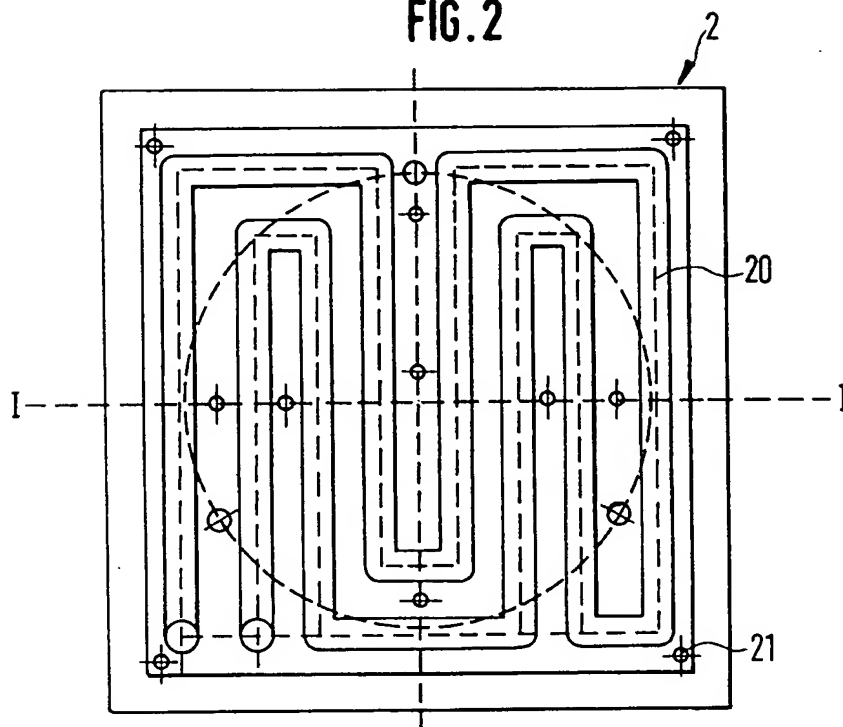
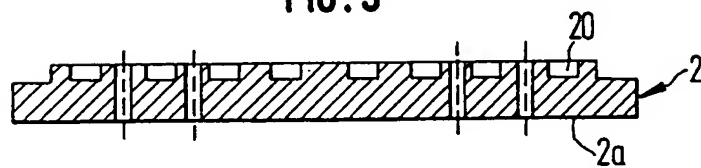


FIG. 3





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 96 10 3986

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X Y	US-A-4 752 498 (FUDIM) 21.Juni 1988 * das ganze Dokument *	1-4,7,8 10-14	B29C67/00
X Y	DE-U-93 19 567 (EOS ELECTRO OPTICAL SYST) 5.Mai 1994 * das ganze Dokument *	1-3,7-9 10-14	
X Y	US-A-5 173 220 (REIFF DAVID E ET AL) 22.Dezember 1992 * das ganze Dokument *	1-3,7,8, 10 5,6,9	
Y	WO-A-92 08592 (DTM CORPORATION) 29.Mai 1992 * Seite 14, Zeile 19 - Seite 16, Zeile 7; Ansprüche 23,24; Abbildung 4 *	5,6,9	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 14, no. 361 (M-1006) [4304] , 6.August 1990 & JP-A-02 128829 (OSAKA PREFECTURE), 17.Mai 1990, * Zusammenfassung; Abbildungen *	1,3,4,7	
X A	US-A-5 011 635 (MURPHY ET AL.) 30.April 1991 * Spalte 4, Zeile 53 - Zeile 60; Abbildungen *	1-4,7,8 10-14	
X	EP-A-0 426 363 (STRATASYS INC) 8.Mai 1991 * Spalte 12, Zeile 33 - Spalte 13, Zeile 12 *	1,3,7	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 275 (M-1418), 27.Mai 1993 & JP-A-05 008305 (MITSUI ENG & SHIPBUILD CO LTD), 19.Januar 1993, * Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 *	1,3,7,8	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abgeschlossen am der Recherche <b>22.Juli 1996</b>	Prüfer <b>Mathey, X</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 01.92 (P04 COI)



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 96 10 3986

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	US-A-5 156 700 (BERMAN ET AL.) 20.Oktober 1992 * Spalte 4, Zeile 3 - Zeile 18; Abbildung 3 * -----	1,3,4,7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchaort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 22.Juli 1996	Prüfer Mathey, X
<p><b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b></p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet  Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie  A : technologischer Hintergrund  O : mchtschriftliche Offenbarung  P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze  E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist  D : in der Anmeldung angeführtes Dokument  L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</p> <p>Δ : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			

EPO FORM 1503 (01.82) (P4400)



**Translation of the Abstract of EP 0 734 842 A1**

A device and a method for manufacturing a three-dimensional object (50) by subsequently solidifying layers of a building material (11) in powder form, which can be solidified by electromagnetic radiation or particle radiation, at the positions corresponding to the respective cross-section of the object, is provided. The device comprises a carrier (2), which is adjustable in height, for carrying the object (50) having an upper surface (2a) faced to the object, an application device (10) for applying layers of the material (11) on the carrier or on a layer that was applied before, an irradiation device (4) for irradiating layers of the material (11) at the positions corresponding to the respective cross-section of the object (50), and a support (13), which can be fixed to the upper surface (2a) of the carrier (2), wherein the support is formed from a material to which the building material (11) sticks during the solidification.